

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**GALLIUM NITRIDE BASE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT- EMITTING DEVICE**

Patent Number: JP4321279  
Publication date: 1992-11-11  
Inventor(s): KATO HISAYOSHI; others: 01  
Applicant(s): TOYODA GOSEI CO LTD; others: 02  
Requested Patent: ☐ JP4321279  
Application Number: JP19910089832 19910327  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:** To attain the increase in light-emitting intensity, the decline in driving voltage and the approach of light emitting wavelength to that of blue color in the light emitting diode of GaN base compound semiconductor.

**CONSTITUTION:** Within the title gallium nitride base compound semiconductor having an n layer 4 comprising an n type gallium base nitride compound semiconductor (containing  $(Al_xGa_{1-x}N:X=0)$  and an i layer 5 comprising i type gallium nitride base compound semiconductor containing  $(Al_xGa_{1-x}N:X=0)$ , the requirements of the i layer 250-1000Angstrom thick, the light-emitting intensity of 50mcd, the driving voltage of 6.5-8.5V and the light emitting wavelength of 480-790nm can be fulfilled.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

特開平4-321279

(43) 公開日 平成4年(1992)11月11日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示面所

C 8934-4M

審査請求 未請求 請求項の数1(全5頁)

(21) 出願番号 特願平3-89832

(22) 出願日 平成3年(1991)3月27日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(71) 出願人 390014535

新技術事業団

東京都千代田区永田町2丁目5番2号

(71) 出願人 391012224

名古屋大学長

愛知県名古屋市千種区不老町(地なし)

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

最終頁に続く

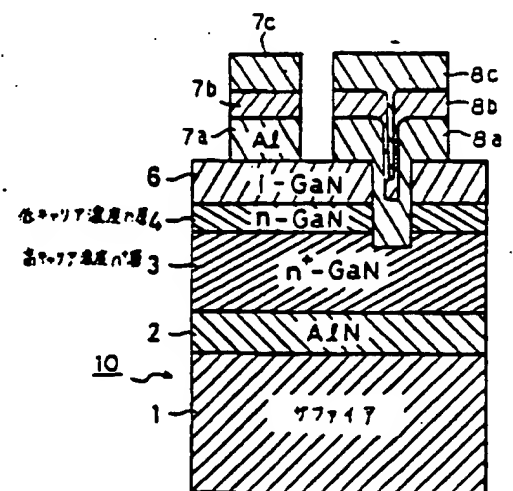
(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57) 【要約】

【目的】 GaN 系の化合物半導体の発光ダイオードの青色の発光強度の向上、駆動電圧の低下、発光波長をより青色の波長に近づけること。

【構成】 n型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$  を含む) からなるn層4と、p形不純物を添加したi型の窒化ガリウム系化合物半導体 ( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$  を含む) からなるi層5とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、i層5の厚さを250～1000Åとしたこと。

【効果】 発光強度50mcd、駆動電圧6.5～8.5V、発光波長480～490nmが得られた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む)からなるn層と、p形不純物を添加したi型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む)からなるi層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、前記i層の厚さを250～1000Åとしたことを特徴とする発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は青色発光の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関し、特に駆動電圧を低下させ発光波長をより短波長にしたものに関する。

【0002】

【従来技術】従来、青色の発光ダイオードとしてGaN系の化合物半導体を用いたものが知られている。そのGaN系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。

【0003】このようなGaN系の化合物半導体を用いた発光ダイオードは、サファイア基板上に直接又は窒化アルミニウムから成るバッファ層を介在させて、n導電型のGaN系の化合物半導体から成るn層を成長させ、そのn層の上にp型不純物を添加してi型(半絶縁性)のGaN系の化合物半導体から成るi層を成長させた構造をとっている。又、この発光ダイオードではi層の厚さは約1μmと厚い。この厚さはi層の結晶品質を良くするために必要である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記構造の発光ダイオードは、発光強度が十分でなく、駆動電圧も約12Vと高く、発光波長も500nmとやや赤色側に変位している。このため、発光強度が高く、駆動電圧が低く、より青色の発光が得られるダイオードの開発が期待されている。そこで、本発明の目的は、GaN系の化合物半導体の発光ダイオードの青色の発光強度の向上、駆動電圧の低下、発光波長をより青色の波長に近づけることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、n型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む)からなるn層と、p形不純物を添加したi型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む)からなるi層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、i層の厚さを250～1000Åとしたことを特徴とする。i層の厚さが250Åよりも厚いと十分な発光強度が得られない。又、i層の厚さが1000Åよりも厚いと発光強度、発光波長は変化しないが駆動電圧が高くなり望ましくない。

【0006】

【発明の作用及び効果】本発明は、i層の厚さを250～

1000Åとしたことで、発光強度50acd、駆動電圧3V、発光波長480nmの発光ダイオードが得られた。又、i層の厚さを250～1000Åの範囲で変化させることで、発光波長が480Å～490Åの範囲で正確に制御することができた。

【0007】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1に500ÅのAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約2.2μmのGaNから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3と膜厚約1.5μmのGaNから成る低キャリア濃度n層4が形成されており、更に、低キャリア濃度n層4の上に膜厚約800ÅのGaNから成るi層5が形成されている。そして、i層5に接続するアルミニウム、チタン、ニッケルの3層構造で形成された電極7と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に接続するアルミニウム、チタン、ニッケルの3層構造で形成された電極8とが形成されている。尚、アルミニウム層7a、8aの厚さは1500Åであり、チタン層7b、8bの厚さは1000Åであり、ニッケル層7c、8cの厚さは2500Åである。

【0008】次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、 $\text{NH}_3$ とキャリアガス $\text{H}_2$ とトリメチルガリウム( $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム( $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMA」と記す)とシラン( $\text{SiH}_4$ )とジエチル亜鉛(以下「DEZ」と記す)である。

【0009】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面(11-20)を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に設置されたサセプタに装着する。次に、常圧で $\text{H}_2$ を流速2 liters/minで反応室に流しながら温度1100℃でサファイア基板1を気相エッチングした。

【0010】次に、温度を400℃まで低下させて、 $\text{H}_2$ を26 liters/min、 $\text{NH}_3$ を10 liters/min、TMAを $1.9 \times 10^{-5}$ モル/分で供給してAlNのバッファ層2が約500Åの厚さに形成された。

【0011】次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、 $\text{H}_2$ を20 liters/min、 $\text{NH}_3$ を10 liters/min、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分、 $\text{H}_2$ で0.86ppmまで希釈したシラン( $\text{SiH}_4$ )を200ml/分の割合で30分間供給し、膜厚約2.2μm、キャリア濃度 $1.5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のGaNから成る高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3を形成した。

【0012】続いて、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、 $\text{H}_2$ を20 liters/min、 $\text{NH}_3$ を10 liters/min、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分の割合で20分間供給し、膜厚約1.5μm、キャリア濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のGaNから成る低キャリア濃度n層4を形成した。

3

【0013】次に、サファイア基板1を900℃にして、 $H_2$ を20 liters/min、 $NH_3$ を10 liters/min、TVGを $1.4 \times 10^{-1}$ モル/分、DEZを $3.3 \times 10^{-1}$ モル/分の割合で1.5分間供給して、膜厚400ÅのGaMから成るi層5を形成した。このようにして、図2に示すような多層構造が得られた。

【0014】次に、図3に示すように、i層5の上に、スパッタリングによりSiO<sub>2</sub>層11を2000Åの厚さに形成した。次に、そのSiO<sub>2</sub>層11上にフォトレジスト12を塗布して、フォトリソグラフにより、そのフォトレジスト12を高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3に対する電極形成部位のフォトレジストを除去したパターンに形成した。

【0015】次に、図4に示すように、フォトレジスト12によって覆われていないSiO<sub>2</sub>層11をフッ酸系エッチング液で除去した。次に、図5に示すように、フォトレジスト12及びSiO<sub>2</sub>層11によって覆われていない部位のi層5とその下の低キャリア濃度n層4と高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3の上面一部を、真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm<sup>2</sup>、CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>ガスを10 ml/分の割合で供給しドライエッチングした後、Arでドライエッチングした。

【0016】次に、図6に示すように、i層5上に残っているSiO<sub>2</sub>層11をフッ酸で除去した。次に、図7に示すように、試料の全面に、Al層13a、Ti層13b、Ni層13cをそれぞれその順に蒸着により1500Å、1000Å、2500Åの厚さに形成した。そして、そのNi層13cの上にフォトレジスト14を塗布して、フォトリソグラフにより、そのフォトレジスト14が高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3及びi層5に対する電極部が残るように、所定形状にパターン形成した。

【0017】次に、図7に示すようにそのフォトレジスト14をマスクとして下層のNi層13c、Ti層13b、Al層13aの露出部を硝酸系エッチング液でエッチングし、フォトレジスト14をアセトンで除去し、高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3の電極8、i層5の電極7を形成した。このようにして、図1に示すMIS(Metal-Insulator Semiconductor)構造の窒化ガリウム系発光素を製造することができる。

【0018】このようにして製造された発光ダイオード10の発光強度を測定したところ、50 mcdであった。駆動電圧は8V ( $I_f = 10$  mA)であり、発光波長は480nmであった。

【0019】次に、i層5の厚さを各種変化させてLEDを製作した。そして、i層5の厚さと発光波長との関係を測定した。その結果を図8に示す。図8からi層5

4

の厚さが250 Å~1000 Åと変化するに伴い、発光波長は480nmから490nmに変化させることができた。この結果、i層5をより薄くすることでより青白色に近い発光を得ることができた。

【0020】又、i層5の厚さと立上がり電圧V<sub>f</sub> ( $I_f = 1$  mA)との関係を測定した。その結果を図9に示す。図9からi層5の厚さが250 Å~1000 Åと変化するに伴い、立上がり電圧V<sub>f</sub> ( $I_f = 10$  mA)は6.5 V~9.5 Vに変化する。このように、i層5の厚さを250 Å~1000 Åの範囲で薄くすることにより、駆動電圧が約9 Vとなり従来の窒化ガリウムLEDの駆動電圧12 Vに比べて低くすることができた。

【0021】又、i層5の厚さとPLピーク波長との関係を測定した。その結果を図10に示す。i層5の厚さが250 Å~1000 Åと変化しても、PLピーク波長には変化が見られなかった。

【0022】このようなi層5の厚さと、駆動電圧及び発光波長との関係が生じる原因は、発明者の考察によれば、i層5の薄層化により高電界がかかりバンドの曲がり角が急峻になり、n層4から注入された電子がより高エネルギー状態から遷移するために生じるものと思われる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な一実施例に係る発光ダイオードの構成を示した構成図。

【図2】発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図3】発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図4】発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図5】発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図6】発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図7】発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図8】発光ダイオードのi層の厚さと発光波長との関係を示した測定図。

【図9】発光ダイオードのi層の厚さと駆動電圧との関係を示した測定図。

【図10】発光ダイオードのi層の厚さとPLピーク波長との関係を示した測定図。

【符号の説明】

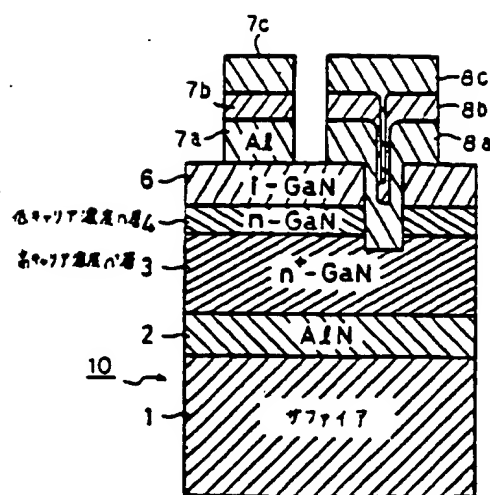
10…発光ダイオード 1…サファイア基板 2…パッファ層

3…高キャリア濃度n<sup>+</sup>層 4…低キャリア濃度n層

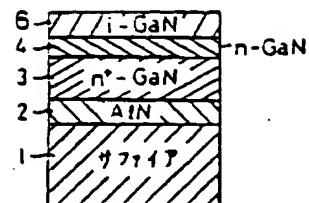
5…i層

7, 8…電極

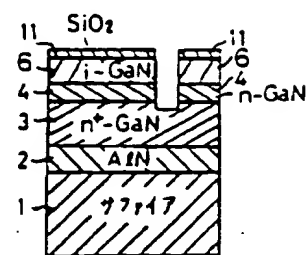
【図1】



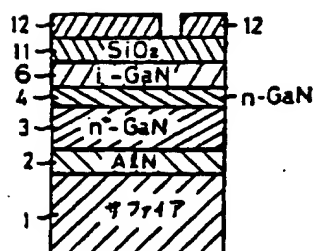
【図2】



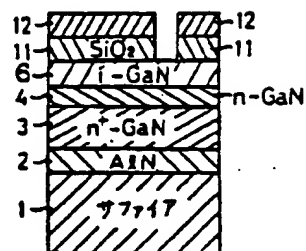
【図5】



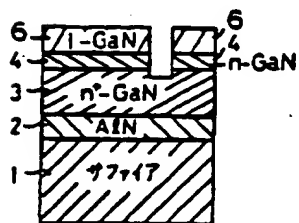
【図3】



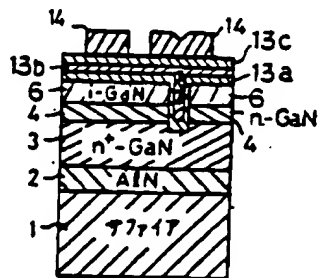
【図4】



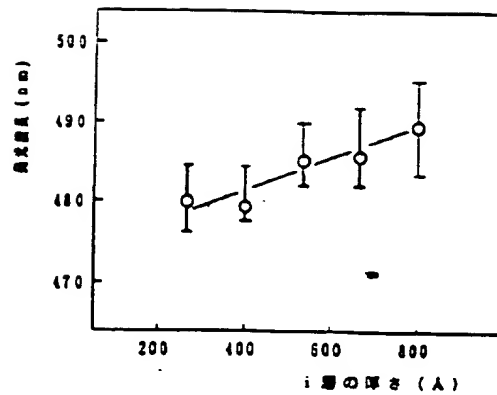
【図6】



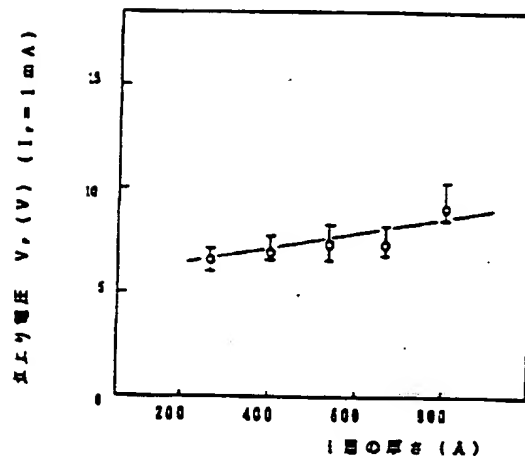
【図7】



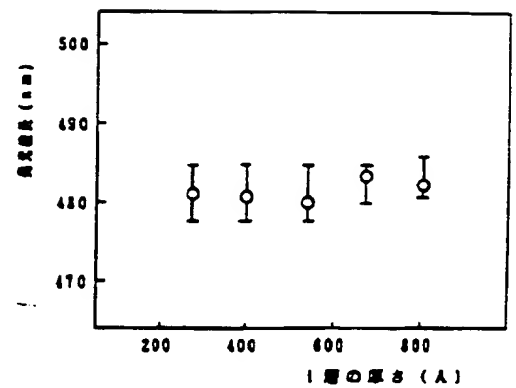
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 久喜

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小出 典克

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内